Библиотека электромонтера

Н. В. Бариев
Л. А. Добровольский
Л. В. Седаков

Электромашинный усилитель поперечного поля

ГОСЭНЕРГОИЗДАТ

БИБЛИОТЕКА ЭЛЕКТРОМОНТЕРА

Выпуск 80

Н. В. БАРИЕВ, Л. А. ДОБРОВОЛЬСКИЙ,
Л. В. СЕДАКОВ

ЭЛЕКТРОМАШИННЫЙ УСИЛИТЕЛЬ ПОПЕРЕЧНОГО ПОЛЯ



ГОСУДАРСТВЕННОЕ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЕ ИЗДАТЕЛЬСТВО
МОСКВА 1962 ЛЕНИНГРАД

ЭЭ-3-3

В брошюре рассматриваются принцип действия и особенности устройства электромашинных усилителей поперечного поля (ЭМУ), способы нахождения неисправностей и их устранения.

Описаны методы и схемы при испытаниях и настройке.

Брошюра предназначена для высококвалифицированных электромонтеров и мастеров промышленных предприятий, занимающихся эксплуатацией, ремонтом и настройкой ЭМУ поперечного поля.

6П2.12 *Бариев Назим Вафинович, Добровольский Лев*
Б-24 *Алексеевич* и *Седаков Леонид Васильевич*

Электромашинный усилитель поперечного поля. М.—Л., Госэнергоиздат, 1962, 56 с. с черт. (Б-ка электромонтера. Вып. 80)

6П2.12

Редактор *В. И. Радин* Техн. редактор *Н. А. Бульдяев*

Сдано в набор 23/V 1962 г. Подписано к печати 26/IX 1962 г.
Т-11914 Бумага $84 \times 108^1/_{32}$ 2,87 печ. л. Уч.-изд. л. 2,9
Тираж 30 000 экз. Цена 10 коп. Зак. 2357

Типография Госэнергоиздата. Москва, Шлюзовая наб., 10.

ВВЕДЕНИЕ

В исторических решениях XXII съезда КПСС значительное внимание уделяется вопросам комплексной механизации и автоматизации производства.

В подавляющем большинстве случаев на механизированных и автоматизированных производствах применяется электропривод.

Современный электропривод — это сложный комплекс различных элементов, от бесперебойной работы которых зависит надежность работы механизмов. Обслуживание современных электроприводов требует высокой квалификации от персонала, требует от него знания конструкций, принципа действия основных элементов электроприводов, умения разбираться в их схемах, производить настройку и регулировку и пр.

Низкое качество эксплуатации электроприводов может привести к авариям, к простоям механизмов, что наносит экономический ущерб нашему народному хозяйству.

Важным элементом электропривода является усилитель, позволяющий с помощью малых мощностей управлять большими мощными механизмами. В современных электроприводах применяется несколько видов усилителей: электронные, ионные, магнитные, полупроводниковые, электромашинные. Последние получили широкое распространение в послевоенные годы.

Известно много видов электромашинных усилителей, однако наиболее широкое применение получили электромашинные усилители (ЭМУ) поперечного поля. Эти усилители обладают высоким усилением и быстродействием,

большой перегрузочной способностью и рядом других достоинств. В последние годы в некоторых приводах ЭМУ поперечного поля стали вытесняться статическими усилителями (магнитными и полупроводниковыми), что вызвано сложностью обслуживания ЭМУ поперечного поля (наличие щеточного аппарата и коллектора) и недостаточной в связи с этим надежностью их в работе.

Однако в мощных реверсивных электроприводах постоянного тока ЭМУ поперечного поля является еще основным видом из применяемых усилителей. Поэтому проблема обеспечения надежной и бесперебойной работы ЭМУ поперечного поля является очень важной.

Настоящая брошюра посвящается вопросам настройки, регулировки и ремонта ЭМУ поперечного поля. Методы настройки и отыскания дефектов, описанные в брошюре, неоднократно использовались авторами в их практической работе.

---

1. ПРИНЦИП ДЕЙСТВИЯ ЭМУ ПОПЕРЕЧНОГО ПОЛЯ

Электромашинные усилители (ЭМУ) поперечного поля отличаются от обычных генераторов постоянного тока в основном тем, что в них используется магнитный поток, создаваемый током обмотки якоря (поперечный поток реакции якоря).

Как видно из рис. 1, ЭМУ имеет две пары щеток, установленных одна относительно другой под углом 90°: щетки поперечной оси $q-q$, замкнутые накоротко, и щетки продольной оси $d-d$, к которым присоединяется нагрузка. Последние являются рабочими.

Кроме того, на усилителе имеются следующие обмотки: обмотка возбуждения, называемая обмоткой управления, питаемая от внешнего источника, обмотка якоря, специальная компенсационная обмотка и обмотка дополнительных полюсов.

По обмотке управления (возбуждения) проходит незначительный ток (порядка нескольких десятков милли-

ампер), создающий небольшой магнитный поток управления $\Phi_у$, неподвижный в пространстве

Потоком $\Phi_у$ в обмотке якоря наводится небольшая э. д. с., наибольшее значение которой E_q (порядка нескольких вольт) будет на щетках поперечной оси $q—q$; так как эти щетки замкнуты накоротко, то даже незначительная по величине э. д. с. E_q вызывает в обмотке якоря большой ток I_q, создающий магнитный поток Φ_q сильного поперечного поля реакции якоря, неподвижного в пространстве и направленного по поперечной оси машины.

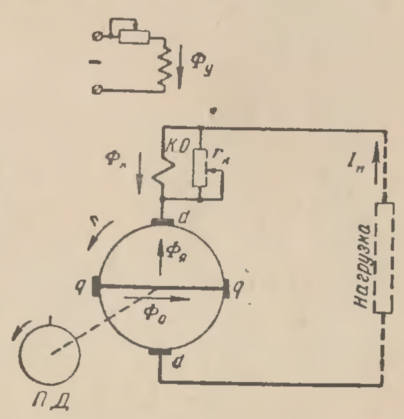


Рис. 1. Принципиальная схема ЭМУ.
$\Phi_у$ — магнитный поток обмотки управления; $\Phi_к$ — магнитный поток компенсационной обмотки; $\Phi_я$ — магнитный поток, создаваемый током нагрузки; Φ_q — рабочий магнитный поток ЭМУ; $d—d$ — щетки продольной оси ЭМУ; $q—q$ — щетки поперечной оси ЭМУ; $I_н$ — ток нагрузки; n — направление вращения ЭМУ; $r_к$ — сопротивление; *К. О.* — компенсационная обмотка; *ПД* — приводной двигатель.

Магнитный поток Φ_q обусловливает возникновение во вращающемся якоре значительной по величине э. д. с., снимаемой со щеток, расположенных по продольной оси. Для устранения размагничивающего действия продольного поля реакции якоря, возникающего в результате прохождения через продольные щетки по обмотке якоря тока нагрузки $I_н$, в пазах статора ЭМУ размещается специальная распределенная компенсационная обмотка, включаемая последовательно с нагрузкой, магнитное поле, создаваемое этой обмоткой, направлено противоположно продольному потоку реакции якоря.

Этим устраняется (компенсируется) воздействие магнитного потока, создаваемого током нагрузки, на поток обмотки управления при работе ЭМУ под нагрузкой. Магнитный поток, создаваемый компенсационной обмоткой, регулируется при помощи сопротивления $r_к$, включаемого параллельно этой обмотке.

Если поток $\Phi_я$, создаваемый током нагрузки, будет больше потока, создаваемого компенсационной обмоткой $\Phi_к$, то ЭМУ будет недокомпенсирован ($\Phi_я > \Phi_к$); при обратном положении соотношения потоков ЭМУ будет перекомпенсирован ($\Phi_я < \Phi_к$); при равенстве этих потоков компенсация будет полной ($\Phi_я = \Phi_к$).

Обычно компенсация ЭМУ настраивается при наладке.

На рис. 1 векторами изображены магнитные потоки ЭМУ.

Таким образом, ЭМУ поперечного поля можно представить как бы состоящим из двух (совмещенных) машин постоянного тока, у которых обмотка якоря является общей для обеих машин, а обмотки возбуждения (управления) расположены взаимно-перпендикулярно (рис. 2,*а*) подобно системе (рис. 2,*б*), состоящей из двух отдельных генераторов постоянного тока с независимым возбуждением, включенных так, что один из них является возбудителем другого.

На рис. 2,*в* изображена действительная схема ЭМУ, из которой видно, что э. д. с. каждой из обмоток возбуждения (продольной и поперечной) наводится в одних и тех же проводниках обмотки якоря ЭМУ.

Изменение тока управления рассматриваемого усилителя обусловливает появление сигнала в обмотке управления (вход) ЭМУ. При дальнейшей передаче в поперечную, а затем в рабочую цепь (выход) ЭМУ сигнал все более усиливается на каждой из этих ступеней.

Получение существенного усиления незначительных входных сигналов управления — первое требование, предъявляемое к ЭМУ поперечного поля.

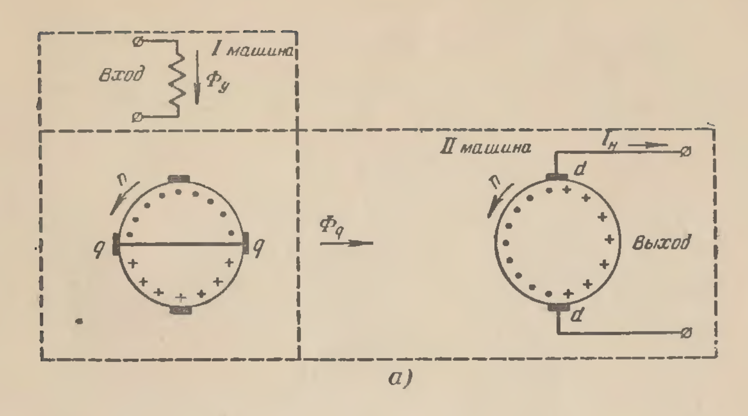
Коэффициент усиления по мощности ЭМУ равен отношению выходной мощности ЭМУ к входной, т. е.

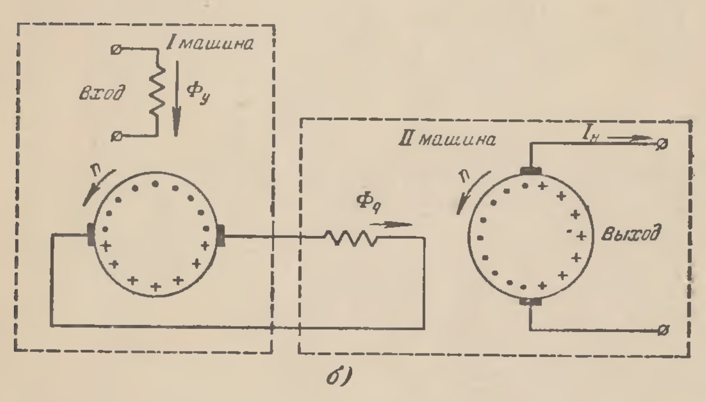
$$k_у = \frac{P_{вых}}{P_{вх}},$$

где $P_{вых}$ — мощность, передаваемая в цепь нагрузки;

$P_{вх}$ — мощность на зажимах обмотки управления усилителя.

Усиление мощности, как было указано выше, происходит двумя ступенями (рис. 2):





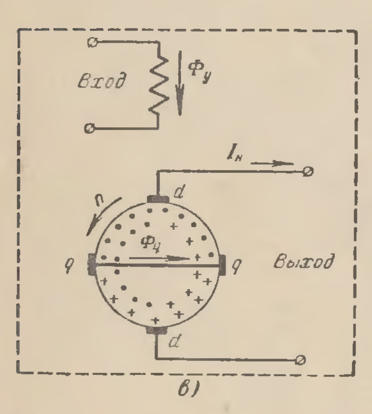


Рис. 2. Иллюстрация принципа работы и усиления ЭМУ поперечного поля.

а — схематичное деление ЭМУ подобно системе, состоящей из возбудителя и генератора; *б* — схема последовательного возбуждения машин (возбудитель — генератор); *в* — ЭМУ эквивалентен системе возбудитель — генератор.

первая ступень — от обмотки управления до короткозамкнутой якорной цепи; коэффициент усиления этой ступени

$$k_{у1}=\frac{P_q}{P_{вх}},$$

где P_q — мощность поперечной цепи;

вторая ступень — от короткозамкнутой якорной цепи, играющей роль обмотки возбуждения второй ступени, до рабочих щеток; коэффициент усиления этой ступени

$$k_{у2}=\frac{P_{вых}}{P_q}.$$

Общий коэффициент усиления ЭМУ равен произведению коэффициентов усиления обеих ступеней:

$$k_у=k_{у1}k_{у2}.$$

Обычно коэффициент $k_у$ составляет 1 000—10 000, а $k_{у1}$ всегда значительно меньше $k_{у2}$; так, например, при $k_у=10\,000$ $k_{у1}$ составит примерно 50, а $k_{у2}=200$, т. е. в 4 раза выше $k_{у1}$.

В отдельных случаях коэффициент $k_у$ достигает величины порядка 100 000.

В зависимости от степени компенсации ЭМУ коэффициент усиления изменяется.

В недокомпенсированном ЭМУ для получения того же напряжения, что и в полностью компенсированной машине, требуется большая мощность управления и, следовательно, коэффициент усиления уменьшается.

В перекомпенсированном ЭМУ напряжение растет с увеличением тока нагрузки и коэффициент усиления увеличивается. Однако при перекомпенсации возможно самовозбуждение ЭМУ, т. е. самопроизвольное возрастание напряжения и тока нагрузки при неизменном значении тока управления или даже при отсутствии его; поэтому перекомпенсация ЭМУ, как правило, не применяется.

Реакция коммутационных токов в усилителях вызывает значительное уменьшение коэффициента усиления.

Увеличение скорости вращения якоря ЭМУ поперечного поля до определенной (оптимальной) величины вызывает возрастание $k_у$.

Характеристика холостого хода ЭМУ поперечного поля схожа с характеристикой обычных генераторов постоянного тока. Отклонение формы характеристики ЭМУ от прямолинейной обусловливается магнитным насыщением магнитопровода и явлением гистерезиса.

Наиболее существенное требование, предъявляемое к ЭМУ, быстродействие усилителя, т. е. способность быстро изменять параметры на выходе машины.

Быстродействие зависит от электромагнитной постоянной времени ЭМУ (T), характеризующей электромагнитную инерцию его цепей. При неустановившихся процессах скорость возбуждения ЭМУ зависит от скорости нарастания тока в цепи управления и поперечной цепи. Благодаря наличию индуктивности обмотки возрастание тока и потока возбуждения происходит не мгновенно, а с замедлением.

Обычно в схемах автоматического управления последовательно с обмотками управления вводятся дополнительно значительные активные сопротивления. При этом электромагнитную постоянную времени цепи управления можно считать равной нулю, и тогда постоянная времени усилителя в режиме холостого хода T принимается равной постоянной времени поперечной цепи T_q, т. е.

$$T = T_q = \frac{L_q}{r_q},$$

где L_q — индуктивность поперечной цепи;
r_q — сопротивление поперечной (короткозамкнутой) цепи.

С целью уменьшения электромагнитной постояной времени статор ЭМУ выполняют шихтованным. Это значительно уменьшает вихревые токи, замедляющие изменение магнитного потока (н. с.) в магнитопроводе во время переходных процессов.

Известно, что $k_у$ и T усилителя взаимосвязаны таким образом, что с увеличением $k_у$ ухудшается T. Поэтому для оценки различных типов ЭМУ, применяемых в специальных схемах управления и регулирования, вводят понятие так называемой добротности ЭМУ:

$$k_д = \frac{k_у}{T}.$$

Обычно для ЭМУ $k_д = 100\,000 \div 200\,000$.

Для ускорения переходных процессов в системах электромашинной автоматики ЭМУ часто работает в форсировочном режиме, т. е. при значительном повышении напряжения на обмотке управления, вызывающем нарастание тока управления, до пяти — девятикратной величины номинального тока. При этом ЭМУ быстрее возбуждается, а время переходных процессов сокращается до сотых долей секунды.

2. КОНСТРУКЦИЯ ЭМУ ПОПЕРЕЧНОГО ПОЛЯ

Электромашинные усилители поперечного поля изготавливаются с приводным двигателем, встроенным внутри корпуса усилителя (однокорпусная конструкция,

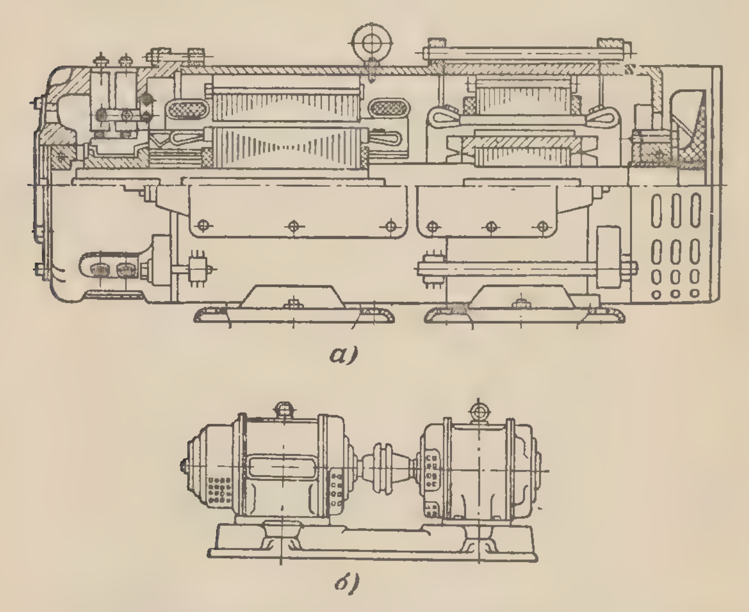


Рис. 3. Конструктивное выполнение электромашинных усилителей. *а* — однокорпусной конструкции; *б* — агрегатной конструкции.

рис. 3,*а*) или в виде отдельной машины, которая монтируется на общей раме с приводным двигателем (агрегатная конструкция, рис. 3,*б*).

Приводными двигателями могут служить двигатели постоянного тока или асинхронные с короткозамкнутым

ротором. Номинальные скорости вращения ЭМУ поперечного поля приняты 1 500 и 3 000 *об/мин*; маломощные ЭМУ (до 1,5 *квт*) могут выполняться с повышенной скоростью вращения от 3 000 до 7 000 *об/мин*.

Электромашинные усилители поперечного поля обычно выполняются двухполюсными (до 20 *квт*), а при больших мощностях — многополюсными. Отечественной электропромышленностью выпускается несколько разновидностей ЭМУ по конструктивному выполнению: защищенные с естественной вентиляцией, закрытые и закрытые с искусственным воздушным охлаждением (дутьем).

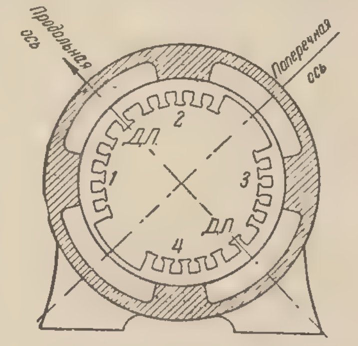


Рис. 4. Статор с шихтованным сердечником.

Из конструктивных соображений магнитопровод ЭМУ выполняют с неявно выраженными полюсами, как это показано на рис. 4, и изготавливают из штампованных листов электротехнической стали подобно магнитопроводу асинхронного двигателя.

Каждый лист магнитопровода штампуется так, что каждый полюс получается расщепленным на два полуполюса (части полюсов обозначены цифрами *1, 2, 3, 4*).

На статоре по поперечной оси q—q расположены крупные пазы, в которых размещаются обмотка управления и частично компенсационная обмотка.

По продольной оси d—d расположены зубцы, являющиеся дополнительными полюсами (*Д. П.*).

На статоре ЭМУ поперечного поля располагаются две (или более) обмотки управления, компенсационная обмотка, обмотки дополнительных полюсов и в ряде машин специальная поперечная подмагничивающая обмотка. Прилегающие с обеих сторон дополнительных полюсов пазы имеют достаточно большие размеры, чтобы разместить в них витки обмотки дополнительного полюса и поперечной обмотки подмагничивания.

Остальные пазы полюсов выполнены для размещения специальной компенсационной обмотки. Отдельные секции ее имеют различную ширину, но оси всех секций сов-

падают с продольной осью ЭМУ. Пазы статора выполняются полузакрытыми.

Сердечник запрессовывается в станину, выполняемую из стали.

ЭМУ поперечного поля изготавливаются с двумя, тремя или четырьмя обмотками управления.

Число обмоток и их параметры определяются теми конкретными требованиями систем электромашинного управления, где в качестве усилителя применяется ЭМУ.

Обмотки управления усилителя (обычно сосредоточенные) выполняются многовитковыми из эмальпроводов малых сечений.

Мощность на входе каждой из обмоток управления при других отключенных обмотках и номинальной мощности на выходе усилителя при одной или двух обмотках составляет $P_{у.ном}=0{,}4$—$0{,}5$ *вт*; при трех обмотках — 0,7—0,75 *вт*, а при четырех обмотках — 0,9 *вт*.

Наличие нескольких обмоток управления дает возможность суммировать сигналы, что является достоинством ЭМУ. Направления токов в этих обмотках могут быть различные, а следовательно, результирующая намагничивающая сила определится в этом случае в виде суммы н. с. всех обмоток управления.

Обмотки управления рассчитываются и изготавливаются с учетом длительной работы при токе, достигающем примерно 5—9 $i_{ном}$; этот ток называется **длительно допустимым током обмотки управления**.

Номинальным значением тока обмотки управления $i_{ном}$ называется такое, которое при действии одной только обмотки (остальные обмотки отключены) обеспечивает на выходе усилителя номинальное напряжение при номинальном токе нагрузки, условии полной компенсации и расположении щеток на нейтрали.

Значения номинальных и длительно допустимых токов обмоток управления, а также величины входной мощности обмоток управления различных типов ЭМУ приведены в приложении 1.

Номинальный ток обмотки управления определяется по формуле:

$$i_{ном}=\sqrt{\frac{\text{входная мощность}+20\%}{\text{сопротивление обмотки управления}+15\%}}+10\%,$$

где 10% — допуск на номинальный ток управления;
20% — то же на входную мощность;
15% — то же на сопротивление.

Обмотка, предназначенная для компенсации продольного магнитного потока реакции якоря, обычно выполняется распределенной (рис. 5,*а*) в целях более точной компенсации во всех точках окружности якоря.

Схема соединений компенсационной обмотки изображена на рис. 5,*б*.

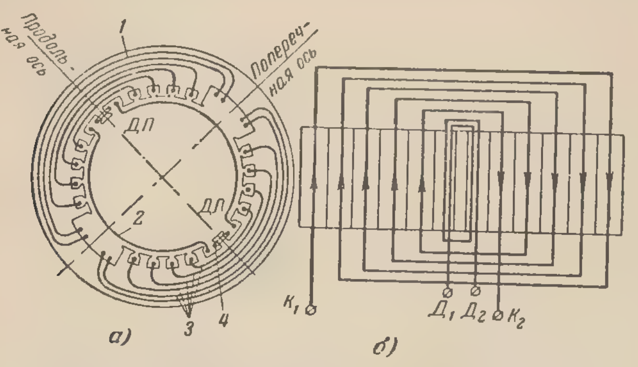


Рис. 5. Изображение обмоток статора усилителя.
а — расположение обмоток в пазах статора; *1* — обмотка управления; *2* — поперечная обмотка; *3* — компенсационная обмотка; *4* — обмотка дополнительных полюсов; *б* — схема соединений компенсационной обмотки.

Для получения необходимого диапазона настройки компенсации эта обмотка рассчитывается на небольшую (порядка 10%) перекомпенсацию.

Регулирование степени компенсации осуществляется с помощью сопротивления, включенного параллельно компенсационной обмотке.

В целях уменьшения влияния температуры окружающей среды на характеристики ЭМУ сопротивление обычно выполняют из двух частей: нерегулируемой — катушки из медного провода и регулируемой — в виде реостата из нихрома. Шунтирующее сопротивление размещается в общем кожухе со сборкой зажимов ЭМУ. Концы шунтирующего сопротивления присоединяются к зажимам компенсационной обмотки.

Для улучшения коммутации под рабочими щетками в ЭМУ устанавливаются дополнительные полюсы и их

сосредоточенная обмотка включается последовательно в рабочую цепь. Магнитный поток дополнительных полюсов создает при вращении машины в короткозамкнутой секции обмотки якоря э. д. с., направленную навстречу э. д. с. самоиндукции, и этим улучшает коммутацию.

Такой способ используется и в обычных машинах постоянного тока.

В поперечной цепи ЭМУ ток значительно меньше, чем в продольной цепи, и поэтому по поперечной оси дополнительные полюсы, как правило, не устанавливаются.

В некоторых разновидностях ЭМУ применяется обмотка статора, расположенная по поперечной оси и соединенная последовательно с поперечными щетками. Такую обмотку называют подмагничивающей поперечной обмоткой. Она служит для усиления н. с. по поперечной оси, созданной током поперечной цепи якоря, и позволяет уменьшить величину этого тока. В результате уменьшается нагрузка якоря и улучшаются условия коммутации поперечных щеток.

Якорь ЭМУ поперечного поля не отличается от якоря обычной машины постоянного тока, имеющей то же число полюсов. При работе ЭМУ под нагрузкой по обмотке якоря протекают токи I_q и I_d, создаваемые э. д. с. поперечной и продольной цепей (рис. 2,*в*). Таким образом, обмотка якоря создает рабочий (полезный) поток и одновременно передает энергию в цепь нагрузки. Следовательно, ток, определяющий потери энергии в обмотке якоря, составляет: $I_я = \sqrt{I_q^2 + I_d^2}$ и по нему рассчитывается сечение проводников обмотки якоря. Для уменьшения длины коммутационной зоны якорь выполняется с большим числом полузакрытых пазов. По конструктивному выполнению в двухполюсных машинах якорная обмотка обычно простая, петлевая, при большем количестве полюсов — волновая.

Обмотка якоря присоединяется к коллектору, который конструктивно выполняется таким же, как в обычных машинах постоянного тока, и имеет большое число коллекторных пластин.

Щеточный аппарат выполняется с двумя парами щеток, установленными на одной траверсе под углом 90°.

Заводская метка установки траверсы щеткодержателей наносится на корпусе красной линией.

Конструкция щеткодержателей обеспечивает постоянное и достаточное нажатие на щетку и выполняется, как и у машин постоянного тока, с той только разницей, что ширина щеток у ЭМУ выполняется обычно меньше. Это делается для того, чтобы уменьшить ширину коммутационной зоны и снизить н. с. реакции коммутационных токов.

Независимо от того, что щетки по поперечной и продольной осям работают при различных условиях коммутации, для удобства эксплуатации применяются щетки одной и той же марки и одинаковых размеров.

В ЭМУ поперечного поля применяются электрографитированные щетки марок ЭГ-8 и ЭГ-4.

На станине усилителя укрепляются металлическая стрелка, указывающая направление вращения усилителя, а также заводской щиток и табличка с обмоточными данными.

Направление вращения в отечественной общепромышленной серии принято против часовой стрелки, если смотреть со стороны коллектора (левое). Однако по специальному требованию ЭМУ агрегатной конструкции могут быть выполнены и с противоположным (правым) направлением вращения.

Выводные концы обмоток присоединяются к сборке зажимов выводов; там устанавливается и шунтирующее сопротивление. Технические данные ЭМУ, выпускаемых отечественной электропромышленностью, приведены в приложении 1.

В настоящее время осваивается выпуск электромашинных усилителей новой серии (см. приложение 2).

3. ТРЕБОВАНИЯ К ЭКСПЛУАТАЦИИ ЭМУ ПОПЕРЕЧНОГО ПОЛЯ

Электромашинные усилители поперечного поля общепромышленной серии предназначены для длительной работы в системах электромашинной автоматики и допускают:

а) двукратную перегрузку по току в течение 3 *сек* при номинальном напряжении;

б) четырехкратную единовременную перегрузку по току в течение 0,2 *сек* при напряжении, равном 50% номинального;

в) повышение напряжения на якоре усилителя на 30% против номинальной величины при номинальном токе в течение 5 *мин*;

г) увеличение тока обмотки управления (одной) в 3,5 раза в течение 3 *сек*, но не более 6 раз в час;

д) при встречном включении обмоток управления, в результате которого получается напряжение на выходе не выше номинального, допускается длительное увеличение номинального тока управления до пяти — девятикратной величины.

Степень компенсации для нормальных промышленных условий работы должна соответствовать условию:

$$E_0 = U_{ном} + (1{,}5 \div 2)\, I_{н.ном} r_d,$$

где E_0 — напряжение усилителя при полной его разгрузке (при неизменном номинальном возбуждении);

$U_{ном}$ — номинальное напряжение выхода усилителя;

$I_{н.ном}$ — номинальный ток нагрузки усилителя;

$$r_d = 1{,}2\,(r_я + r_{обм.доп.пол} + r_{комп.обм}),$$

где $r_я$ — сопротивление обмотки якоря;

$r_{обм.доп.пол}$ — сопротивление обмотки дополнительных полюсов;

$r_{комп.обм}$ — сопротивление компенсационной обмотки;

1,2 — коэффициент, учитывающий переходное сопротивление между коллектором и щетками.

Превышения температуры частей электромашинных усилителей и встроенных приводных электродвигателей должны соответствовать ГОСТ 183-55.

Сопротивление изоляции обмоток управления в нормальных условиях эксплуатации для усилителя в холодном состоянии не нормируется, а в нагретом состоянии при температуре обмоток, близкой к рабочей, должно быть не менее 0,5 *Мом*.

ЭМУ выполняется на подшипниках качания. Смена смазки производится после 3 000—5 000 *ч* работы усилителя, но не реже 1 раза в год. При смене смазки полость подшипника должна быть заполнена не более чем на $^2/_3$ объема.

Для смазки применяются следующие марки смазки:

а) 1—13 (УТВ) — ГОСТ 1631-52;

б) ЦИАТИМ-201 — ГОСТ 6267-52.

При каждой остановке, а также и при работе ЭМУ производится периодический осмотр коллектора.

При правильной эксплуатации коллектор постепенно приобретает глянцевитую поверхность, красноватого цвета с бурыми оттенками в виде тонкой политуры, которая предохраняет его от износа.

Направление вращения ЭМУ должно совпадать с направлением, указанным стрелкой, укрепленной на станине усилителя.

Остальные требования к эксплуатации электромашинных усилителей с поперечным полем в основном те же, что и к обычным машинам постоянного тока. Однако своеобразие принципа действия ЭМУ и его использование в схемах автоматического регулирования требуют еще более внимательного ухода и тщательной наладки.

4. НЕИСПРАВНОСТИ ЭМУ, МЕТОДЫ ИХ НАХОЖДЕНИЯ И УСТРАНЕНИЯ

Нарушение изоляции обмоток ЭМУ поперечного поля приводит, как в обычных электрических машинах, к замыканию проводов между собой или с корпусом, вследствие чего усилитель выходит из строя.

Пробой обмотки на корпус обычно является результатом механических повреждений изоляции.

Если пробой обмотки якоря или коллектора на корпус происходит только в одном месте, работа машины в ряде схем управления не нарушается. Однако место замыкания необходимо обнаружить и устранить, так как при этом вероятность пробоя изоляции в другом месте повышается, а также нарушаются условия безопасного обслуживания.

При пробое обмотки на корпус в другом месте часть обмотки между этими точками окажется замкнутой накоротко и возникающий при этом значительный ток может привести к разрушению обмотки якоря.

Наличие замыкания обмотки на корпус можно обнаружить, не производя разборку машины. Для этого следует только поднять все щетки, собрать схему, как указано на рис. 6, и к коллекторным пластинам присоединить контрольную лампу.

Лампа будет загораться полным накалом только при прохождении тока через цепь замыкания обмотки на корпус и при хорошем контакте в месте замыкания.

Однако для этой цели лучше пользоваться мегомметром (см. п. 5), который укажет на наличие замыкания обмотки на корпус в случае окисления или подгорания места контакта между ними. При этом надо иметь в виду, что иногда замыкание на корпус имеет перемежающийся характер, т. е. возникает только при вращающемся якоре ЭМУ, так как во время вращения под действием центробежной силы обмотка перемещается.

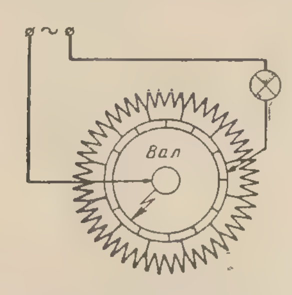


Рис. 6. Определение места замыкания обмотки на корпус с помощью контрольной лампы.

Рис. 7. Определение места замыкания обмотки на корпус путем измерения падения напряжения.
P — рубильник; *A* — амперметр; *mV* — милливольтметр; *r* — реостат.

Место пробоя целесообразнее всего определять способом измерения величины падения напряжения при питании обмотки якоря постоянным током от постороннего источника тока (рис. 7). В этом случае питание обмотки якоря производится через одну из пар щеток (поперечных или продольных), находящихся на диаметрально противоположных точках окружности коллектора при остальных поднятых щетках.

Величина тока устанавливается при помощи реостата так, чтобы получить достаточное отклонение стрелки милливольтметра с пределом измерений 15—45 *мв*. Величина тока обычно при этом достигает 5—10 *а*. Один конец проводника от милливольтметра присоединяется к валу якоря, а другим поочередно касаются всех пластин коллектора.

Замыкание на корпус может быть как на коллекторе, так и в соединенных с ним секциях обмотки.

При непосредственном соприкосновении конца проводника с поврежденной пластиной коллектора при полном контакте стрелка милливольтметра не будет отклоняться, т. е. показание прибора будет равно нулю.

В случае отсутствия полного контакта в месте замыкания и в тех случаях, когда замыкание на корпус имеет не пластина коллектора, а секция, присоединенная к ней, показание милливольтметра будет минимальным, а по мере присоединения проводника милливольтметра к более удаленным пластинам будет возрастать, так как падение напряжения пропорционально произведению тока на сопротивление.

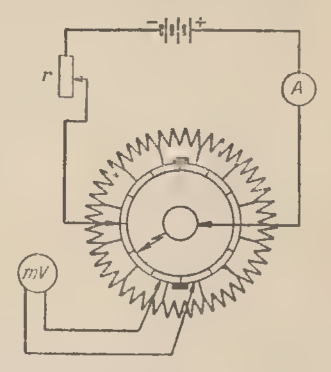


Рис. 8. Модификация схемы, приведенной на рис. 7.

Необходимо учитывать, что при данном способе ток в якоре протекает по двум параллельным ветвям и поэтому получается еще одно нулевое (или минимальное) показание прибора при соединении проводника милливольтметра с пластиной, расположенной на другой параллельной ветви. Это объясняется тем, что указанные две точки будут иметь одинаковый потенциал (подобный диагонали уравновешенного измерительного моста).

Чтобы другую точку ошибочно не принять за второе замыкание, место подачи питания обмотки якоря следует изменить, и если при этом одна из точек с нулевым (минимальным) показанием не совпадает с прежней точкой, то она не имеет соединения с корпусом.

Место пробоя обмотки якоря на корпус можно также находить, пользуясь схемой, изображенной на рис. 8. Вал ЭМУ присоединяется к одному полюсу питающей сети, а произвольная коллекторная пластина — ко второму полюсу.

Присоединение измерительного прибора (милливольтметра) производится поочередно к каждой паре смежных коллекторных пластин.

Показания милливольтметра будут одинаковыми, за исключением той пары пластин, которые соединены с пробитой на корпус секцией обмотки.

При очень плохом контакте, когда обнаружить поврежденное место не удается, следует применять способ «прожигания». Этот способ заключается в следующем: на якорь через предохранитель и реостат подается рабочее или несколько повышенное напряжение; коллектор обвязывается несколькими витками неизолированного провода, к одному выводу которого подводится ток, а другой вывод присоединяется к валу якоря. При прохождении тока через плохой контакт происходит искрообразование и возникает дуга. Этот способ следует применять с осторожностью, чтобы не повредить обмотку и коллектор.

Приведенными способами можно также определять места пробоя обмоток якоря на корпус при перемотке якоря.

Так как наиболее часто пробой обмотки на корпус бывает в местах выхода секции из пазов, то при отыскании места пробоя прибегают к раскачиванию секций на этих участках, одновременно наблюдая за показанием измерительного прибора.

В особо сложных случаях для нахождения места соединения обмотки с корпусом иногда приходится распаивать концы двух секций, отстоящих друг от друга на расстоянии полуокружности, и проверять мегомметром сопротивление изоляции каждой части в отдельности. Вместо мегомметра можно пользоваться контрольной лампой.

Затем поврежденную половину секции снова разделяют на две части и так до тех пор, пока точно не определится секция, имеющая соединение с корпусом.

После определения поврежденной секции следует установить, имеется ли замыкание на коллекторе или в секции. Для этого, отпаяв от коллектора другой конец секции, проверяют соединение коллектора и секции с корпусом.

При пробое на корпус секции в пазовой части необходимо всю секцию изолировать вновь или заменить новой. Если замыкание произошло в нескольких секциях и изоляция остальных секций недостаточно удовлетворительная, то якорь следует заново перемотать.

Замыкания между витками обмотки якоря могут появиться в результате повреждения изоляции проводов.

В короткозамкнутых контурах при вращении якоря в магнитном поле наводится переменная э. д. с., вызывающая значительные токи короткого замыкания, вследствие малого сопротивления этих контуров, что приводит к чрезмерному нагреванию поврежденных витков.

Кроме того, токи в секциях при замыканиях витков создают магнитные потоки, размагничивающие машину и уменьшающие напряжение на выходе ЭМУ.

Поврежденные секции можно определить на ощупь по степени нагревания или по потемневшей, обуглившейся или сгоревшей изоляции секции.

Для определения места замыкания отдельных витков также пользуются методом падения напряжения, причем оба конца милливольтметра присоединяют поочередно к каждой паре соседних коллекторных пластин. Во всех неповрежденных секциях обмотки величины падений напряжений будут изменяться закономерно. В поврежденных секциях показания милливольтметра дадут незначительную величину или отсутствие напряжения. Рассмотренный способ дает хорошие результаты.

Проверить обмотку якоря на замыкание витков можно и путем определения полного сопротивления переменному току.

Компенсационную обмотку необходимо присоединить к источнику переменного тока и измерить напряжение, ток и мощность. При этом все щетки должны быть подняты с коллектора и шунтирующее сопротивление отключено.

Пониженное полное сопротивление и повышенная потребляемая мощность укажут на наличие короткозамкнутых витков в обмотках якоря или статора. Путем медленного проворачивания якоря от руки можно установить место частичного замыкания витков обмотки. Если величина полного сопротивления при проворачивании меняется в широких пределах, это означает наличие замыкания витков в обмотке якоря, а если остается постоянной,— имеет место замыкание в обмотках статора.

В тех случаях, когда замыкание является следствием наличия проводящих мостиков между коллекторными пластинами из-за металлической или угольной пыли, оно может быть устранено чисткой изоляции между пла-

стинами при помощи твердого картона или фибры с продуванием сжатым воздухом.

Обрыв в обмотке якоря, как правило, сопровождается искрением на коллекторе ЭМУ и подгоранием двух соседних пластин, к которым присоединена поврежденная секция обмотки. При этом подгорают края соседних пластин и рабочие поверхности всех щеток.

При плохом контакте (неполном обрыве) сильного искрения и подгорания пластин не наблюдается.

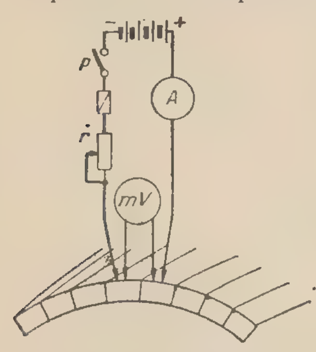


Рис. 9. Схема для нахождения поврежденных секций обмотки якоря.

Для нахождения поврежденной секции следует тщательно осмотреть коллектор. Если внешним осмотром определить место повреждения трудно, его определяют способом падения напряжения, схема измерения которого изображена на рис. 9.

При наличии обрыва или плохого контакта падение напряжения будет больше между пластинами, к которым присоединена поврежденная секция.

Методом падения напряжения пользуются также для определения качества паек обмотки. Пайки можно считать хорошими, если разница сопротивлений не превышает 10%. В противном случае все места паек необходимо тщательно перепаять.

Ремонт обмоток в зависимости от характера повреждения может заключаться либо в замене отдельной секции, либо в полной перемотке якоря и производится так же, как у обычных машин постоянного тока.

Обмотка якорей общепромышленной серии ЭМУ выполняется проводом марки ПЭВ-1 (или ПЭВ-2) диаметром от 1,0 до 1,5 *мм*.

Секция изолируется от стенок пазов двумя слоями электрокартона с проложенным между ними слоем лакоткани.

Роль основного изоляционного материала выполняет лакоткань.

В качестве изоляции лобовых частей обмотки якоря применяют лакоткань и электрокартон (см. табл. 1).

Таблица 1

Изоляция обмотки якоря ЭМУ (изоляция класса А)

Часть обмотки	Позиция на рисунке	Наименование материала	Диаметр или толщина материала, *мм*	Количество слоев изоляции
Пазовая	*1*	Провод, медь марки ПЭВ-1, ПЭВ-2 („всыпная“ обмотка)	1,0—1,5	—
	2	Электрокартон (выкладка паза)	0,2—0,3	$1\frac{1}{4}$*
	2'	Электрокартон (проходная коробка)	0,2—0,3	$1\frac{1}{4}$
	3	Лакоткань	0,2	$1\frac{1}{4}$
	4	Электрокартон (прокладка между катушками)	0,5	1
	5	Текстолит (клин)	2,0—3,0	1
Лобовая		Электрокартон и лакоткань Киперная лента	0,2 0,18	1

* Изоляция считается наложенной в $1\frac{1}{4}$ слоя, если она окружает изолируемое сечение с трех сторон в один слой, а с четвертой стороны—в два слоя.

Неисправности в обмотках статора встречаются значительно реже, чем в якорной обмотке.

Замыкания между витками обмотки управления определить трудно, так как в замкнутых витках не наводится переменной э. д. с. и, следовательно, не будет проходить ток короткого замыкания, вызывающий нагревание обмотки, как это имеет место при переменном магнитном потоке.

Замыкания витков определяют измерением активного сопротивления обмотки управления, и полученные показания сравнивают с паспортными данными ЭМУ.

Надежные результаты определения замыкания витков обмоток управления дает способ измерения полного сопротивления обмоток переменному току.

В случаях замыканий между витками обмотку управления необходимо перематывать частично или заново.

Обмотка управления наматывается с большим числом витков провода марки ПЭВ-1 или ПЭВ-2 диаметром от 0,19 до 0,29 *мм*, изолируется лакотканью внахлестку

и закладывается в крупные пазы, изолированные электрокартоном и лакотканью.

Катушка от выпадания заклинивается алюминиевой или латунной пластиной.

Замыкания витков и плохие контакты выводов обмоток дополнительных полюсов сказываются на коммутации усилителя, вызывая сильные искрения под рабочими щетками.

Подобные неисправности в поперечной обмотке вызывают уменьшение э. д. с. на продольных щетках ЭМУ.

Наличие замыканий между витками в поперечной и дополнительных обмотках определяют измерением их сопротивления переменному току.

Обрывы или плохой контакт в доступных для ремонта местах устраняют пропайкой. Места замыкания в обмотках устраняют частичной или полной перемоткой.

Обмотка дополнительных полюсов наматывается из провода ПЭВ-1 диаметром от 1 до 1,45 *мм* и закладывается в пазы таким образом, чтобы она охватывала зубец дополнительного полюса.

Поперечная обмотка ЭМУ наматывается из провода марки ПЭВ-1 диаметром от 0,74 до 1,25 *мм*. Катушку изолируют лакотканью, намотанной внахлестку.

Поперечную обмотку выполняют из двух катушек, закладываемых в средние пазы.

Чтобы обмотки поперечная и дополнительных полюсов не выпадали из пазов, их заклинивают обычно алюминиевой или латунной прокладкой.

Пазовая изоляция обмоток выполняется из электрокартона и лакоткани.

В компенсационной обмотке возможны: замыкания обмотки на корпус и плохие контакты или обрывы в соединениях отдельных катушек между собой.

Обрывы или плохие контакты компенсационной обмотки приводят к значительной недокомпенсации ЭМУ, машина теряет возбуждение и напряжение на рабочих щетках падает.

Пробой компенсационной обмотки на корпус в одном месте не сказывается на компенсации машины при работе в схемах, не имеющих заземлений токоведущих частей. Второе же замыкание на корпус может привести к нарушению компенсации.

Наличие обрывов и плохих контактов обмотки определяют измерением сопротивления постоянному току, а замыкания на корпус — измерением мегомметром.

Повреждения компенсационной обмотки устраняются пропайкой поврежденных мест с последующей их изолировкой.

Катушки компенсационной обмотки наматываются проводом ПЭВ-1 диаметром 1,25—1,45 *мм*.

Пазы изолируются проходной трехслойной гильзой, как и пазы якоря. Катушки в пазах заклинивают прокладкой из текстолита.

Повреждения коллектора и щеточного аппарата ЭМУ вызывают искрение на коллекторе, при этом на поверхности его появляются борозды, пластины подгорают, а выходное напряжение уменьшается.

К основным видам неисправностей коллектора относятся: повреждение поверхности; неравномерная высота изоляционных прокладок между отдельными пластинами; так называемое «биение» коллектора; замыкание между пластинами и замыкание на корпус.

Повреждение поверхности коллектора устраняют шлифовкой его поверхности стеклянной мелкозернистой бумагой № 00; шкурка навертывается на деревянную колодку, имеющую вырез по диаметру коллектора, причем ширина бумаги должна равняться ширине коллектора. Шлифовка коллектора без колодки недопустима. По окончании шлифовки коллектор ЭМУ необходимо тщательно очистить от угольной и медной пыли при помощи сжатого воздуха. При наличии на поверхности коллектора отдельных глубоких точечных раковин, не вызывающих искрения, шлифовку коллектора производить не следует. Глянцевую поверхность коллектора (политуру) необходимо сохранить, так как она способствует хорошей коммутации и предохраняет коллектор от быстрого износа.

Неравномерность высоты прокладок из миканита, выступающих над пластинами, ликвидируется при помощи пропиливания дорожек на коллекторе тонкой пилкой или ножовочным полотном со снятием фаски с краев пластин с помощью шабера.

«Биение» коллектора имеет место из-за неисправности подшипника, неодинаковой высоты пластин коллектора и их неравномерного износа и т. д.

Для устранения «биения» коллектора непригодный подшипник необходимо заменить исправным.

При неравномерной высоте пластин коллектор протачивают. После обточки пропиливают дорожки и производят шлифование, а затем полировку рабочей поверхности коллектора. Полировку выполняют таким же образом, как и шлифование. К деревянной колодке прикрепляется стеклянная бумага, на которую наносится тонкий слой чистого технического вазелина, и полировка продолжается до получения равномерного темного цвета поверхности.

Замыкание между коллекторными пластинами может явиться следствием прогорания и загрязнения изоляции между пластинами.

Для устранения этих повреждений щели между пластинами должны быть очищены и промыты спиртом.

К неисправностям щеточного аппарата относятся: недостаточно плотное прилегание (так называемая «пришлифовка») щеток к коллектору; неправильное расположение и неточная установка щеток в обойме; неправильный подбор марки щеток; ослабление пружин щеткодержателей и др.

Устранение перечисленных неисправностей заключается в следующем: щетки «пришлифовываются» к коллектору; траверса устанавливается строго на нейтрали; щетки выбираются одинаковой марки и плотно устанавливаются в обоймах при обеспечении, однако, беспрепятственного движения их по коллектору.

Так называемая притирка щеток осуществляется следующим образом: под щетки подкладывают стеклянную мелкозернистую бумагу, обращенную рабочей стороной к щеткам, и при нормальном давлении пружин на щетки производят передвижение бумаги взад и вперед по направлению вращения коллектора. Для правильной притирки щеток концы бумаги нужно отогнуть вниз (рис. 10,*а*), так как при отгибании бумаги вверх (рис. 10,*б*) края щеток будут опилены и активная ширина щеток станет меньше, что может вызвать искрение на коллекторе. Затем пришлифовка продолжается при работе ЭМУ без нагрузки в течение 6—8 *ч*. Правильно пришлифованные щетки должны иметь блестящую поверхность по всей площади соприкосновения с коллектором. После того как поверхность щеток полностью при-

шлифована, ЭМУ следует продуть сжатым воздухом для удаления угольной пыли.

Пришлифовку необходимо повторять после каждого передвижения щеточной траверсы. Применение наждачного или карборундового полотна для пришлифовки щеток недопустимо.

При разборке машины положение щеточной траверсы, а также каждая щетка и щеткодержатель должны иметь маркировку с тем, чтобы при сборке их можно было поставить точно на прежние места. Если щетко-



Рис. 10. Пришлифовка щеток к коллектору.
а — правильная; *б* — неправильная.

держатель разбирается, то после сборки следует проверить расстояние между щеточными пальцами и их аксиальное положение на коллекторе.

Причиной отсыревания изоляции обмоток может быть длительное пребывание отключенного усилителя в сыром помещении.

Состояние изоляции обмоток определяется путем измерения ее сопротивления мегомметром на 500 *в*.

Согласно ГОСТ 183-55 наименьшее допустимое сопротивление изоляции машины при температуре, близкой к рабочей, должно быть не ниже значения, получаемого по формуле:

$$r = \frac{U_{ном}}{1\,000 + \frac{P}{100}},$$

где r — сопротивление изоляции, *Мом*;
$U_{ном}$ — номинальное напряжение обмотки машины, *в*;
P — номинальная мощность машины, *ква*.

Величина сопротивления изоляции машины в холодном состоянии не нормируется, но она должна быть выше, чем величина сопротивления изоляции, определяемая вышеприведенной формулой.

Сушка изоляции устраняет возможность повреждения обмоток как при включении машины, так и во время ее работы.

Ниже приводятся рекомендуемые способы сушки в условиях эксплуатации.

Если сопротивление изоляции машины будет ниже 0,1 *Мом*, предпочтительнее производить сушку нагретым воздухом и по мере возрастания сопротивления для процесса ускорения сушки перейти на комбинированное нагревание.

При сильно увлажненной обмотке не рекомендуется производить ее сушку током, так как интенсивное выделение тепла в меди может нарушить прочность изоляции.

Для ускорения процесса сушки машину следует вентилировать.

а) Сушка горячим воздухом осуществляется применением воздуходувок. Горячий воздух при температуре порядка 90—100° С направляется в машину со стороны коллектора. В процессе сушки через каждый час следует проворачивать якорь на полоборота для равномерного его нагревания.

При ремонтах сушку отдельных частей (якорь, статор, обмотки) осуществляют в сушильных камерах или шкафах с вентиляцией.

б) Сушка постоянным током осуществляется посредством тока в цепи вращающегося якоря; этот ток создается э. д. с., наводимой полем остаточного магнетизма.

При этом рабочие щетки ЭМУ замыкаются накоротко через предохранители, ограничивающие ток свыше номинальной величины.

Сушку можно осуществить и от постороннего источника энергии, пропуская ток низкого напряжения через якорь и компенсационную обмотку.

При сушке током температуру обмоток следует повышать постепенно в течение 2—3 *ч* путем увеличения величины тока.

Показания термометров, измеряющих температуру обмотки, не должны превышать 70° С. Продолжительность сушки (по опытным данным) составляет 10—15 *ч*. Контроль процесса сушки производится путем периодического измерения сопротивления изоляции и темпера-

туры. Результаты измерений заносятся в журнал сушки через каждые полчаса.

В заключение следует отметить, что в процессе ремонта обмотки подвергаются пооперационным электрическим испытаниям, а также пропитке для повышения теплостойкости и влагостойкости, электрической и механической прочности изоляции и улучшения теплопроводности.

Пропитка производится методом погружения нагретых деталей в пропиточный лак № 447, 458, 321Т.

После пропитки поверхность обмоток покрывается лаком, предохраняющим изоляцию от воздействия окружающей среды: пыли, влаги, смазочных масел и т. п. Применяются покровные лаки № 317, БТ-99(462).

До и после пропитки ремонтируемые обмотки подвергаются также сушке. При этом применяются следующие стадии сушки:

а) Предварительное просушивание для удаления влаги из пор изоляции.

б) Окончательная сушка после пропитки для удаления растворителя и образования лаковой пленки, защищающей изоляцию от повреждений, пыли и грязи.

5. ИСПЫТАНИЯ И НАСТРОЙКА ЭМУ ПОПЕРЕЧНОГО ПОЛЯ

После капитального ремонта ЭМУ должен быть подвергнут следующим видам испытаний и настройки (в соответствии с ГОСТ 183-55):

а) внешний осмотр;

б) проверка механической части;

в) проверка состояния изоляции всех обмоток;

г) измерение сопротивления ненагретых обмоток постоянному току;

д) проверка полярности выводов обмоток;

е) притирка щеток и их установка на нейтрали;

ж) испытание электрической прочности изоляции обмоток повышенным напряжением относительно корпуса и между обмотками;

з) испытание электрической прочности междувитковой изоляции обмотки якоря;

и) снятие характеристики холостого хода и контроль соотношения числа витков обмоток управления;

к) снятие внешних характеристик и настройка компенсации;

л) испытание под нагрузкой и проверка коммутации при перегрузке по току.

В отдельных случаях в зависимости от характера ремонта ЭМУ можно ограничиться испытаниями не по всем перечисленным выше пунктам. Точно так же достаточна частичная проверка машины с целью обнаружения тех или других повреждений.

В процессе настройки и испытания определяют соответствие машины после ремонта параметрам завода-изготовителя и проверяют качество ее электрической и механической частей.

При производстве испытаний необходимо исходить из следующих условий:

1. Скорость вращения ЭМУ должна быть неизменной (особенно в случае вращения усилителя двигателем постоянного тока).

2. Щетки должны быть установлены правильно, хорошо притерты и пришлифованы к коллектору (см. п. 4).

3. При снятии характеристик следует обеспечить возможность быстрой остановки агрегата или разрыва короткозамкнутой цепи поперечной оси в случае самовозбуждения ЭМУ.

Внешний осмотр и проверка механической части

Перед пуском ЭМУ следует проверить исправность его механической части, очистить усилитель от грязи и пыли и продуть его сжатым воздухом.

Проверить надежность крепления соединительных проводов, сопротивления, шунтирующего компенсационную обмотку, и состояние этого сопротивления.

Поворотом якоря убедиться в беспрепятственном его вращении, предварительно проверив наличие смазки в подшипниках.

Проверить качество наружной поверхности коллектора, правильность установки траверсы, наличие всех щеток, пружин, их качество и крепления.

Щетки должны свободно входить в гнезда щеткодержателей, а поверхность, прилегающая к коллектору, должна быть зеркальной.

Нормальный зазор между щеткой и ее обоймой в направлении вращения должен равняться 0,1—0,4 *мм*.

в продольном направлении 0,2—0,5 *мм*, а расстояние от обойм до коллектора около 2 *мм*.

Нормальное давление щеток марки ЭГ-8 и ЭГ-4 равно 200—300±10% *Г/см²* и регулируется нажатием пружин.

Отклонение величины давления между отдельными щетками не должно быть более ±20% установленного значения.

Правильно установленные и хорошо притертые щетки при хорошем состоянии коллектора после кратковременной работы машины оставляют на коллекторе слабый след, проходящий через всю поверхность коллекторной пластины.

Для проверки правильности направления вращения необходимо снять перемычку, замыкающую накоротко щетки поперечной оси, и кратковременно включить приводной двигатель. Вращение ЭМУ против направления стрелки на станине недопустимо даже на непродолжительное время.

Проверка изоляции и измерение сопротивления обмоток постоянному току

Измерение сопротивления изоляции обмоток ЭМУ относительно корпуса и между обмотками производится, как и в обычных машинах, с помощью мегомметра типа М-1101 на 500 *в*.

Испытанию подвергается поочередно каждая электрически независимая обмотка; при этом один зажим мегомметра прикладывается к выводу испытуемой обмотки, а другой — к корпусу, с которым на время испытания данной обмотки электрически соединяются остальные обмотки. О допустимых нормах величины сопротивления изоляции обмоток указывалось выше.

Измерение величины сопротивления обмоток постоянному току может быть произведено двумя способами:

способом амперметра — вольтметра (с применением приборов класса точности не менее 0,5) или измерительным мостом.

При измерении способом амперметра — вольтметра следует учитывать, что при подаче на обмотки больших токов машина может намагнититься и поле остаточного магнетизма может быть достаточно сильным. Поэтому

проверку сопротивления рекомендуется проводить измерительными мостами.

Измерения обмоток, у которых сопротивление более 10 *ом*, необходимо производить одинарным мостом типа УМВ, а при сопротивлении менее 1,0 *ом* — двойным мостом типа МД-6. Сопротивления обмоток управления для разных типов ЭМУ имеют самую различную величину (от долей ома до нескольких тысяч ом), а обмотки якоря — от сотых долей ома до 1,5 *ом*. Измерение сопротивлений обмоток якоря требует большой точности и во избежание влияния переходного сопротивления производится при поднятых щетках непосредственно на пластинах коллектора.

Измерению сопротивлений постоянному току подлежат все обмотки ЭМУ и шунтирующее сопротивление $r_к$.

Результаты измерений сравниваются с заводскими данными.

При измерении сопротивления следует учитывать, что величина его зависит от температуры обмотки. Поэтому при сравнении измеренных величин с заводскими их следует привести к единой температуре по формуле:

$$r_2 = r_1 \frac{235 + t_2}{235 + t_1},$$

где r_1 — сопротивление, измеренное при температуре t_1;
r_2 — сопротивление, приведенное к температуре t_2.

Расхождение результатов измерений с заводскими данными больше чем на 10—20% свидетельствует о неравенстве числа витков в обмотке или на наличие других неисправностей.

Проверка полярности выводов обмоток ЭМУ производится индуктивным способом при неподвижной машине с помощью милливольтметра и аккумулятора или сухого элемента.

Обмотки управления ЭМУ, изготавливаемые отечественными заводами, имеют маркировку выводов: начало — 1; конец — 2.

Обозначения выводов обмоток ЭМУ приведены в табл. 2, а схема маркировки выводов приведена на рис. 11.

Концы обмоток, соединяемые между собой внутри ЭМУ и не выведенные наружу, не имеют обозначений.

Таблица 2

№ п/п.	Виды обмотки	Обозначения	
		начало	конец
1	Обмотка якоря	$Я_1$	$Я_2$
2	Компенсационная обмотка	$К_1$	$К_2$
3	Обмотка дополнительных полюсов	$Д_1$	$Д_2$
4	Обмотки управления:		
	а) первая	OI_1	OI_2
	б) вторая	OII_1	OII_2
	в) третья	$OIII_1$	$OIII_2$
	г) четвертая	OIV_1	OIV_2

Определение полярности обмоток управления ЭМУ производят при включении одной произвольно взятой обмотки на напряжение аккумулятора.

При этом положительный полюс аккумулятора присоединяют к началу обмотки, а милливольтметр — к на-

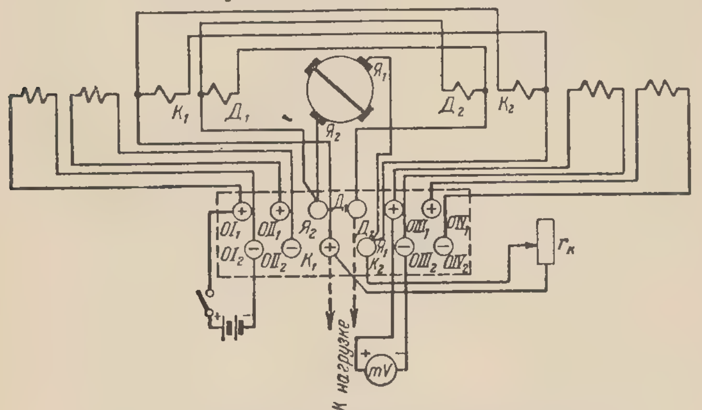


Рис. 11. Схема маркировки выводов обмоток ЭМУ.

чалу любой другой обмотки (также положительным полюсом).

Если милливольтметр в момент включения аккумулятора дает отклонение в положительную сторону (вправо), то полярность обмоток соблюдена.

Таким же методом проверяется полярность щеток поперечной оси по отношению к обмоткам управления. Щетки при этом должны быть разомкнуты.

Для проверки полярности щеток по продольной оси измерительный прибор подключается к этим щеткам, а импульс тока подается на щетки поперечной оси.

Притирка щеток и их установка на нейтрали

Сдвиг щеток с нейтрали в ЭМУ сказывается на его характеристике, поскольку поперечная цепь якоря создает основной рабочий магнитный поток и работает в режиме короткого замыкания.

Обычно до проверки нейтрали щетки притираются при холостом ходе машины в течение 6—8 *ч*; после удаления угольной пыли сжатым воздухом производится установка щеток на нейтрали индуктивным способом, заключающимся в следующем: снимается закоротка поперечной оси и к щеткам подключается милливольтметр со шкалой 45—0—45 *мв*; на одну из обмоток управления при неподвижном ЭМУ импульсом подается напряжение постоянного тока (рис. 12). При этом ток в обмотке управления должен составлять не более 20—40% номинального.

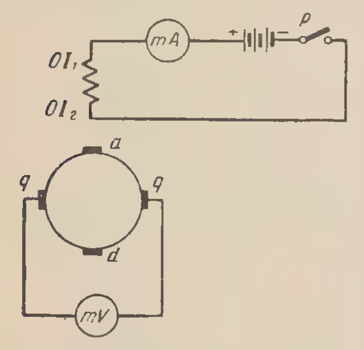


Рис. 12. Схема для определения нейтрального положения щеток индуктивным способом. *mA* — миллиамперметр, *mV* — милливольтметр.

При замыкании рубильника *P* стрелка прибора отклонится в какую-нибудь сторону, после чего траверсу со щетками постепенно передвигают до тех пор, пока при включении и выключении напряжения стрелка прибора не будет отклоняться.

Если при дальнейшем повороте траверсы отклонение стрелки прибора изменится, это означает переход траверсы через нейтраль.

Проверку правильности положения траверсы рекомендуется производить при различных положениях якоря, для чего якорь поворачивают в одном направлении во избежание влияния перемещения щеток на показания прибора.

После определения нейтрали щетки следует сдвинуть в сторону вращения на 1—2 *мм* по окружности коллектора. При таком сдвиге щеток коэффициент усиления ЭМУ уменьшается, но возрастают быстродействие и его устойчивость при работе.

Кроме того, такое смещение щеток предотвращает случайный их сдвиг (особенно в результате износа щеток) против направления вращения, что может привести к самовозбуждению ЭМУ и потере управления.

После установки и закрепления траверсы наглухо следует вторично притереть щетки к поверхности коллектора.

Испытание электрической прочности изоляции обмоток относительно корпуса и между обмотками высоким напряжением является основным видом испытаний после ремонта.

Испытанию подвергаются отдельные катушки и обмотки в процессе их производства или ремонта. В начале ремонта испытания производят повышенным напряжением, а по мере приближения к завершению — пониженным, приближаясь к наименьшей допустимой по норме величине. Такой метод испытания производится для того, чтобы в процессе производства ремонта своевременно устранить обмотки с ненадежной изоляцией. Например, в процессе намотки якоря ЭМУ число повторных испытаний изоляции относительно корпуса равно числу производимых операций, где напряжение с каждым разом понижается на 10—15%. Окончательное испытание изоляции производится при собранном ЭМУ напряжением, равным 1 500 *в*, в течение 1 *мин* при частоте 50 *гц* для ЭМУ мощностью более 3 *квт* (ГОСТ 183-55).

Так же испытываются остальные обмотки ЭМУ по отношению к корпусу и между собой.

Испытание начинают с напряжения, не превышающего одной трети нормированного испытательного напряжения, плавно или ступенями, не превышающими 5% от полного напряжения, повышают последнее (при этом время для подъема испытательного напряжения от половинного его значения до полного должно быть не менее 10 *сек*) и выдерживают в течение 1 *мин*, после чего плавно снижают до $^1/_3$ установленного нормами значения и отключают от сети.

Если изоляция окажется поврежденной, то это можно обнаружить по дыму и искрению в месте пробоя. Причинами пробоя изоляции обычно являются недоброкачественность изоляционного материала, механические повреждения или неосторожное обращение с обмоткой при ее укладке в пазы во время производства ремонтных операций. Если при ремонте ЭМУ произведена замена лишь части обмотки, испытание электрической прочности всей обмотки производится напряжением, равным 0,5 испытательного напряжения ЭМУ.

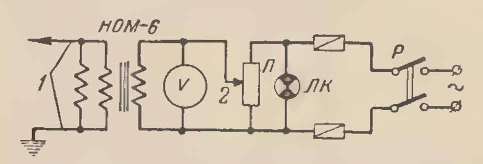


Рис. 13. Схема для испытания диэлетрической прочности изоляции.
НОМ-6—трансформатор напряжения.

Принципиальная схема установки для испытания электрической прочности изоляции приведена на рис. 13.

Схема используется не только для испытания высоким напряжением, но и для так называемого «прожигания» места пробоя изоляции.

В схеме использован трансформатор напряжения типа НОМ-6, у которого первичная обмотка состоит из двух последовательно соединенных частей, переключенных на параллельное соединение. Получаемое при этом максимальное напряжение 3 000 *в* вполне достаточно для испытания обмоток ЭМУ, равно как достаточен и ток для «прожигания» места пробоя изоляции.

Порядок проведения испытания следующий:

Гибкие провода *1* с неповрежденной изоляцией присоединяют к испытываемой обмотке и к корпусу машины.

При этом ползун потенциометра *2* должен быть установлен в начальном положении.

Включают рубильник *Р* (о подаче напряжения на цепь схемы сигнализирует лампа *ЛК*).

Постепенно передвигая ползун потенциометра, увеличивают напряжение до 1 500 *в*, контролируя величину по вольтметру, и выдерживают в течение 1 *мин.*

Таблица 3

Объект испытания	Мощность машины, *квт*	Номинальное напряжение, *в*	Действующее испытательное напряжение, *в*	Длительность испытания, *сек*
Секции якорной обмотки после укладки в пазы и соединения с коллектором	Свыше 3	Свыше 24	$2{,}5U_{ном}+1\,900$	60
То же, после пайки, бандажировки, пропитки и проточки коллектора			$2{,}5U_{ном}+1\,500$	60
Катушки обмоток управления после намотки			$2{,}5U_{в}+1\,000$	60
То же, после укрепления в сердечнике и соединения			$2{,}5U_{в}+1\,000$	60
Обмотки дополнительных полюсов, компенсационные (до соединения)		До 550	$2U_{ном}+2\,500$	60
То же, после соединения		До 550	$2U_{ном}+2\,000$	60

Примечание. $U_{ном}$—номинальное напряжение машины;
$U_{в}$—номинальное напряжение обмотки управления (возбуждения).

Если обмотка выдержала испытание, то ползун потенциометра постепенно возвращают в исходное положение и отключают рубильник.

На ремонтных и электромашиностроительных заводах приняты нормы испытательных напряжений для изоляции обмоток электрических машин в процессе их изготовления, которые приводятся в табл. 3.

Испытание междувитковой изоляции обмотки якоря

Это испытание рекомендуется проводить при всех видах ремонта, связанных с полной или частичной заменой обмоток.

Испытание изоляции между витками обмотки производится в течение 5 *мин* при холостом ходе машины и повышенном на 30% напряжении сверх номинального.

Снятие характеристик и настройка компенсации

Для определения исправности ЭМУ, получения данных, необходимых при наладке схем управления в системах электромашинной автоматики, снимается характери-

стика холостого хода, показывающая зависимость между напряжением выхода и током управления при постоянной скорости вращения $E_я = f(i_у)$ при $n = \text{const}$.

Перед снятием характеристики холостого хода необходимо размагнитить ЭМУ так, чтобы остаточное напряжение на зажимах якоря по продольной оси было минимальным и чтобы при снятии петли гистерезиса не сказывалось влияние остаточного магнетизма.

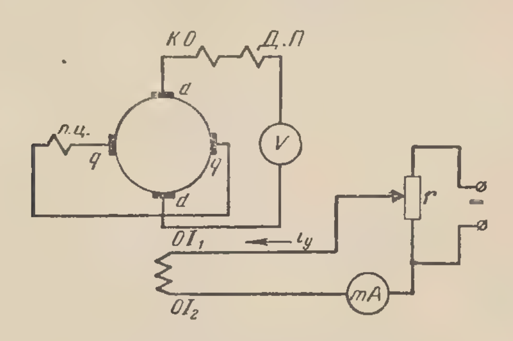


Рис. 14. Принципиальная схема снятия характеристики холостого хода ЭМУ.

Снятие характеристики холостого хода ЭМУ производится по схеме, изображенной на рис. 14.

Порядок снятия характеристики холостого хода следующий:

Напряжение на выходе усилителя повышается до 1,3 номинального (почти до полного насыщения усилителя). Снимается нисходящая ветвь характеристики холостого хода при прямой (основной) полярности, меняется полярность и снимаются восходящая и нисходящая ветви обратной полярности; затем снова меняется полярность и снимается восходящая ветвь. Рекомендуется снимать характеристики холостого хода для всех отличных по количеству витков обмоток управления.

На рис. 15 приведена полная петля характеристики холостого хода ЭМУ — петля гистерезиса (кривая *1*) и несколько точек характеристик холостого хода (кривые *2* и *3*), полученных при питании остальных обмоток управления ЭМУ.

Если петля гистерезиса имеет резко несимметричный вид, т. е. при одинаковых напряжениях прямой

и обратной полярностей требуются различные по величине намагничивающие силы, то необходимо устранить или уменьшить величину остаточного магнетизма путем намагничивания в противоположном направлении при увеличенном значении намагничивающей силы в обмотке возбуждения.

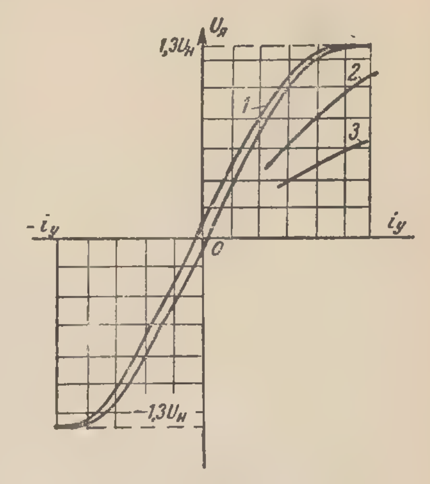


Рис. 15. Характеристика холостого хода ЭМУ. $n = \text{const}$.

Для проверки устранения влияния остаточного магнетизма после размагничивания следует повторно снять полную характеристику холостого хода.

Если ЭМУ является элементом схемы электромашинного управления приводом механизма, то высокое остаточное напряжение и изменения характеристики холостого хода от гистерезиса являются нежелательными. При отсутствии тока возбуждения возникают так называемые ползучие скорости приводного двигателя, обусловливаемые действием остаточного напряжения ЭМУ.

Внешняя характеристика ЭМУ представляет собой зависимость напряжения на выходе ЭМУ от тока нагрузки при постоянном токе в обмотке управления: $U_я = f(I_н)$ при $i_у = \text{const}$. Напряжение на выходе ЭМУ определяется:

$$U_я = E_0 - I_н r_d,$$

где $I_н$ — ток нагрузки, *а*;

r_d — сопротивление по продольной цепи якоря ЭМУ, *ом*.

Наклон внешней характеристики зависит от величины сопротивления $r_к$, шунтирующего компенсационную обмотку.

При увеличении $r_к$ бо́льшая часть тока нагрузки проходит по компенсационной обмотке и, следовательно,

магнитный поток ее возрастает, вызывая перекомпенсацию ЭМУ; необорот, при уменьшении $r_к$ произойдет недокомпенсация ЭМУ.

Подбор подходящей внешней характеристики путем изменения сопротивления $r_к$ принято называть настройкой компенсации ЭМУ.

Если компенсация настроена на полный диапазон, то результирующий продольный магнитный поток ЭМУ (в данном случае только поток управления) и э. д. с. не зависят от тока нагрузки, так как $Ф_я = Ф_к$. В этом случае напряжение на выходе ЭМУ уменьшается с увеличением тока нагрузки только из-за падения напряжения в продольной цепи, и внешняя характеристика, как видно из рис. 16, имеет небольшой наклон по отношению к оси абсцисс (кривая *1*).

При полной (100%) компенсации кривую *1* называют характеристикой естественной жесткости; угол наклона ее к оси абсцисс пропорционален сопротивлению r_d.

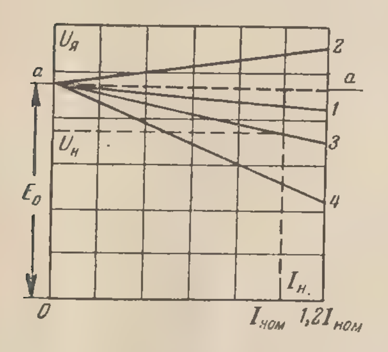


Рис. 16. Внешние характеристики ЭМУ.

$n = \text{const}$; $i_у = \text{const}$;

а—а—линия неизменного напряжения.

Степень компенсации, соответствующая условию $Aw_я < Aw_к$, представляет собой перекомпенсацию (совершенно нежелательную для подавляющего большинства установок), которая, как правило, не допускается.

У такой машины при увеличении тока нагрузки результирующий магнитный поток по продольной оси будет возрастать, увеличивая э. д. с. E_d.

Внешняя характеристика при перекомпенсации (кривая *2*) лежит выше линии естественной характеристики (кривая *1*).

Степень компенсации, соответствующая условию $Aw_я > Aw_к$, является недокомпенсацией.

В этом случае напряжение на выходе ЭМУ уменьшается с увеличением тока нагрузки из-за падения напряжения в продольной цепи и уменьшения э. д. с. E_d (кривая *3*).

При наладке ЭМУ обычно выбирают такую степень компенсации, при которой напряжение ЭМУ с ростом тока нагрузки от холостого хода до номинального снижается на 15—20%.

Для снятия внешних характеристик собирается схема, изображенная на рис. 17.

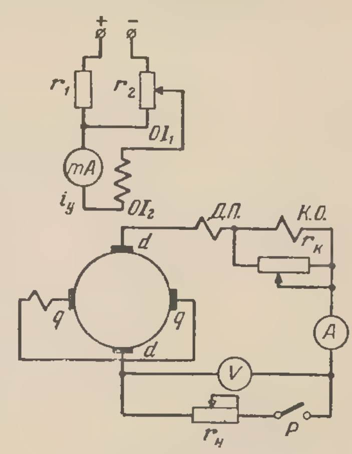


Рис. 17. Схема для снятия внешних характеристик.

В качестве нагрузочного сопротивления $r_н$ применяются проволочные сопротивления.

Снятие характеристик производится следующим образом: устанавливается малое значение шунтирующего сопротивления $r_к$ компенсационной обмотки, соответствующее недокомпенсации ЭМУ; цепь нагрузки разрывают и возбуждают ЭМУ приблизительно до 1,2 номинального напряжения на якоре, затем включают усилитель при введенном полностью сопротивлении $r_н$ и начинают, уменьшая $r_н$, нагружать ЭМУ, отмечая показания амперметра и вольтметра в цепи якоря.

Ток управления ЭМУ остается постоянным, причем управление может осуществлять любая из обмоток.

Нагружают ЭМУ до величины, соответствующей 1,2—1,4 $I_{ном}$.

Получив одну внешнюю характеристику (кривая *4*, рис. 16), снимают нагрузку и, установив новое значение $r_к$, снимают следующую характеристику и т. д. до получения явно выраженной перекомпенсации ЭМУ (кривая *2*).

Из всех значений сопротивления $r_к$ выбирают и устанавливают то сопротивление, при котором внешняя характеристика соответствует неполной компенсации порядка 15—20% (кривая *3*); при этом номинальному току нагрузки должно соответствовать номинальное напряжение на выходе ЭМУ.

Внешнюю характеристику необходимо снять повторно при пониженном напряжении ЭМУ, равном 0,4—0,5 $U_{ном}$, так как недокомпенсированный ЭМУ при номинальном напряжении может оказаться перекомпенсированным при пониженном напряжении. При этом значение $r_к$ должно быть прежним.

Если требуется получить внешнюю характеристику при полной компенсации продольной реакции якоря, то в короткозамкнутую поперечную цепь якоря включается амперметр и шунтирующее сопротивление $r_к$ подбирается так, чтобы при номинальном токе управления ток в поперечной цепи не менялся от холостого хода до номинальной нагрузки ЭМУ.

Испытания ЭМУ под нагрузкой

Испытания при номинальном и превышающем номинальный токах нагрузки проводят с целью проверки под нагрузкой всех цепей ЭМУ (поперечных и продольных) и коммутации якоря. В цепь ЭМУ включается нагрузочное сопротивление, величина которого устанавливается расчетом, ЭМУ возбуждается до номинального напряжения, пока в якорной цепи не установится номинальный ток нагрузки. Испытание продолжается в течение 1 *ч*. Испытание при перегрузке заключается в том, что усилитель нагружается двукратным током в течение 3 *сек*. При этом ток управления остается неизменным.

Оценка коммутации проводится в соответствии с ГОСТ 183-55 по шкале степени искрения.

При этих испытаниях следует проверить все соединения, контакты, щеточную аппаратуру, доступные места паек якоря с коллектором и т. п. на нагревание во избежание недопустимого местного перегревания.

6. ТЕХНИКА БЕЗОПАСНОСТИ ПРИ ПРОИЗВОДСТВЕ РЕМОНТА И ИСПЫТАНИЙ

Как было указано, при ремонтах электромашинных усилителей производятся многообразные операции, такие, как намотка катушек, укладка их в пазы, пропитка, пайка обмоток и т. д., а также электрические испытания. При выполнении их необходимо соблюдение правил техники безопасности.

К самостоятельной работе могут допускаться только проинструктированные рабочие, знакомые с правилами и способами подачи первой помощи при травмах и поражениях электрическим током, а также с расположением противопожарных средств и пользованием ими.

Так, например, намотку катушек и бандажей надо производить осторожно, чтобы пальцы не попали под наматываемую проволоку, а при намотке на быстроходных станках необходимо иметь защитное стекло или пользоваться предохранительными очками, так как при обрыве провода конец его может ударить по глазам. При резке ножами изоляционных материалов следует производить резку от себя, чтобы не поранить руку. Особенно необходима осторожность при производстве пайки во избежание ожога рук горячим паяльником. Помещение должно быть снабжено устройствами, защищающими рабочих от вредного действия паров и газов, выделяющихся при пайке.

Ряд важных требований охраны труда и противопожарной техники необходимо выполнять при производстве пропиточных работ. Операции по растворению и смешению лаков должны выполняться в точном соответствии с инструкциями заводов-изготовителей, а хранение легко воспламеняющихся материалов разрешается только в ограниченном количестве и в специально отведенном месте. При обращении с едкими растворителями должны выполняться все правила промышленной санитарии.

Вопросы техники безопасности при электрических испытаниях электромашинных усилителей преобретают особое значение вследствие разнообразия схем и напряжений, имеющих место при испытаниях, а также ввиду необходимости в некоторых случаях собирать временные (не стационарные) схемы.

Отопление и вентиляция в производственных помещениях не должны способствовать образованию повышенной влажности, так как при этом возрастает опасность поражения электрическим током; температура помещения также не должна быть чрезмерно высокой во избежание обильного испарения, вызывающего резкое снижение сопротивления кожного покрова обслуживающего персонала.

Все электрические испытания должны производиться на специальном рабочем месте (стенде), которое должно быть ограждено и снабжено специальными плакатами безопасности, применяемые при испытаниях, как, например, «Осторожно — высокое напряжение», «Не включать — работают люди», «Под напряжением», «Работать здесь» и пр.

Испытательный стенд и пульт должны быть расположены так, чтобы обслуживающий персонал находился против оси испытываемой машины, а не перпендикулярно к ней.

На стенде должны устанавливаться испытываемая машина и требуемые для производства испытания аппаратура, приборы и защитные приспособления.

Производство работ по испытанию и наладке электромашинных усилителей должны вестись, как правило, бригадой в составе не менее 2 чел. соответствующей квалификации, из которых один (старший) несет ответственность за соблюдение правил безопасности.

При всех работах обязательно соблюдение следующих правил:

1. Проверить схему до начала работы, причем соединительные провода не должны мешать передвижению работающих людей и осмотру машины. Номинальные напряжения кабелей и проводов должны соответствовать максимальному напряжению, применяемому при испытаниях.

2. Временные присоединения проводов к ЭМУ и аппаратам должны быть тщательно заизолированы лакотканью или изоляционной лентой.

3. Все переключения приборов, аппаратуры и машин разрешается производить при снятом напряжении.

4. Для включения силовой цепи необходимо пользоваться контакторами или пускателями. Во избежание самопроизвольных включений или отключений кнопки дистанционного управления должны быть утопленного типа.

5. Перед включением цепи возбуждения ЭМУ необходимо ввести реостат цепи возбуждения.

6. Перед включением силовой цепи, пользуясь открытым рубильником нагрузочных реостатов, необходимо снижать возбуждение машины.

7. Инструмент для производства наладочных работ следует применять только с изолированными рукоятками.

8. При установке агрегата из двух машин, соединенных муфтой, должны устанавливаться специальные щиты для предохранения работающих от случайного разрыва муфты и захватывания частей одежды.

9. При испытаниях необходимо вывешивание плакатов и предупредительных знаков.

10. Перед началом испытаний должно быть произведено заземление всех металлических частей аппаратов, машин, не находящихся под напряжением, но могущих оказаться под напряжением при пробое изоляции.

11. При проведении испытаний на электрическую прочность изоляции необходимо ограждать установку защитным сетчатым ограждением с дверями и надежной блокировкой, а также включать сигнальную лампу, загорающуюся при подаче испытательного напряжения

12. При ликвидации пожаров пользоваться исключительно сухими огнетушителями, предварительно обесточив схему.

При всех работах воспрещается:

1) пользоваться неисправными приборами или аппаратами;

2) производить любые присоединения от руки в схеме, находящейся под напряжением;

3) оставлять без присмотра находящуюся под напряжением схему;

4) приступать к работе при неисправности цепей блокировки и сигнализации;

5) включать машину и аппаратуру управления, не убедившись в их исправности и правильности схемы.

Технические данные

Тип	Усилитель								
	Номинальные данные (на выходе)						Обмотки		
							Входная мощность, *вт* при		
	Напряжение, *в*	Мощность, *квт*	Ток, *а*	Скорость вращения, *об/мин*	Ток к. з. цепи, *а*	Число обмоток	2-х обмотках	3-х обмотках	4-х обмотках
ЭМУ 12-А	60/115	1,0/1,2	16,7/10,4	2 900	67 4,2	2—4	0,45	0,7	0,9
ЭМУ 12-П	60/115	1,0/1,0	16,7/8,7	2 850	6,7 4	2—4	0,45	0,7	0,9
	115	1,2	10,4		4,2				
	115	1,5	13,0	4 000	5,2				
ЭМУ 25	115/230	1,2/1,2	10,4/5,2	1 440	3,2 1,6	2—4	0,5	0,75	0,9
	115/230	2,5/2,5	21,7/10,9	2 925	6,5 3,3				
ЭМУ 50	115/230	2,2/2,2	19,1/9,6	1 440	5,7 2,9	2—4	0,5	0,75	0,9
	230	4,5	19,6	2 935	5,9				
ЭМУ 70	115/230	3,5/3,5	30,4/15,2	1 450	7,6 3,8	2—4	0,5	0,75	0,9
	230	7,0	30,4	2 900	7,6				
ЭМУ 100	115/230	5,0/5,0	43,5/21,7	1 450	10,9 5,4	2—4	0,5	0,75	0,9
	230	10	43,5	2 900	10,9				
ЭМУ 110	230	11	47,8	1 450	9,6	2—4	0,5	0,75	0,9

Таблица П1-1

электромашинных усилителей

управления			Номинальные данные встроенного приводного двигателя							
Отношение длительно допустимого тока нагрузки к номинальному при										
2-х обмотках	3-х обмотках	4-х обмотках	Род тока	Напряжение, *в*	Схема соединения обмоток статора	Потребляемая мощность, *квт*	Ток, *а*	cosφ	$\frac{I_{пуск}}{I_{ном}}$ асинхронного двигателя	К. п. д. агрегата, %
9	7	5	Трехфазный	$\frac{127/220}{220/380}$	Δ/Y	1,65	$\frac{9,2/5,3}{5,3/3,1}$	0,82	6,7	60
				$\frac{127/220}{220/380}$		1,9	$\frac{10,5/6}{6/3,5}$	0,83	6	63
9	7	5	Постоянный	$\frac{110}{220}$ $\frac{110}{220}$		1,7	$\frac{15,5}{7,7}$ $\frac{15,5}{7,7}$			59
				$\frac{110}{110}$		$\frac{2,05}{2,4}$	$\frac{18,6}{21,8}$			$\frac{60}{62}$
9	7	5	—	—	—	—	—	—	—	$\frac{68}{74}$
9	7	5	—	—	—	—	—	—	—	$\frac{78}{80}$
9	7	5	—	—	—	—	—	—	—	$\frac{78}{80}$
9	7	5	—	—	—	—	—	—	—	$\frac{81}{84}$
9	7	5	—	—	—	—	—	—	—	82

Комплекты обмоток

Тип	№ комплекта обмоток управления	Число обмоток управления	Основные дан					
			I обмотка				II об	
			Число витков в обмотке	Омическое сопротивление обмотки при 20° С, *ом*	Номинальный ток управления, *ма*	Длительно допустимый ток нагрузки, *ма*	Число витков в обмотке	Омическое сопротивление обмотки при 20° С, *ом*
ЭМУ 12-А ЭМУ 12-П	12-2-А	2	2 900	1 030	22	190	2 900	1 030
	12-2-Б	2	4 600	2 200	14	130	4 600	2 200
	12-2-В	2	4 800	2 600	13	117	4 800	2 600
	12-3-Г	3	3 000	1 550	21	145	3 000	1 550
	12-3-Д	3	2 350	1 340	27	135	2 350	1 340
	12-3-Е	3	500	161	130	200	370	84
	12-3-Ж	3	900	155	70	350	900	155
	12-4-З	4	675	184	94	240	900	155
ЭМУ 25	25-2-А	2	3 400	985	22	200	3 400	985
	25-2-Б	2	4 360	1 500	17	155	4 360	1 500
	25-2-В	2	6 600	3 310	11,5	105	6 600	3 310
	25-2-Г	2	8 000	5 000	9,5	85	8 000	5 000
	25-3-Д	3	2 600	1 065	28,5	150	2 600	1 065
	25-4-Е	4	500	37,2	145	720	330	18,5
	25-4-Ж	4	1 300	340	56	225	330	18,5
	25-4-З	4	3 200	1 820	23	115	330	18,5
ЭМУ 25	25-4-И	4	400	21,7	180	950	2 800	1 500
	25-4-К	4	5 000	2 920	14,5	85	500	131
	25-4-Л	4	1 300	340	56	225	330	18,5
	25-4-М	4	3 600	1 835	20	100	3 600	2 165
	25-4-Н	4	18	0,04	4 000	20 000	500	44,1
ЭМУ 50	50-2-А	2	3 420	1 000	22	200	3 420	1 000
	50-2-Б	2	3 720	1 500	19,5	175	3 720	1 500
	50-2-В	2	6 600	3 920	11,5	105	6 600	3 920
	50-4-Г	4	380	24,8	190	950	220	9,15
	50-4-Д	4	3 200	2 200	23	115	220	9,15
	50-4-Е	4	5 000	3 540	14,5	85	5 000	3 540
	50-4-Ж	4	2 800	1 540	26	120	2 800	1 770
	50-4-З	4	1 710	465	44	220	1 710	535
	50-4-И	4	2 750	1 500	27	120	2 300	1 000
	50-4-К	4	2 750	1 500	27	120	1 260	300
	50-4-Л	4	1 300	410	56	225	330	21,6
	50-4-М	4	380	24,8	190	950	15	0,04

Таблица П1-2

управления усилителей

ные обмоток									
мотка		III обмотка				IV обмотка			
Номинальный ток управления, *ма*	Длительно допустимый ток нагрузки, *ма*	Число витков в обмотке	Омическое сопротивление обмотки при 20° С, *ом*	Номинальный ток управления, *ма*	Длительно допустимый ток нагрузки, *ма*	Число витков в обмотке	Омическое сопротивление обмотки при 20° С, *ом*	Номинальный ток управления, *ма*	Длительно допустимый ток нагрузки, *ма*
22	190	—	—	—	—	—	—	—	—
14	130	—	—	—	—	—	—	—	—
13	117	—	—	—	—	—	—	—	—
21	145	3 000	1 345	21	145	—	—	—	—
27	135	460	34,2	140	820	—	—	—	—
170	280	740	72	85	600	—	—	—	—
70	350	1 350	367	47	240	—	—	—	—
70	350	675	184	94	240	900	155	70	350
22	200	—	—	—	—	—	—	—	—
17	155	—	—	—	—	—	—	—	—
11,5	105	—	—	—	—	—	—	—	—
9,5	85	—	—	—	—	—	—	—	—
28,5	150	2 600	950	28,5	200	—	—	—	—
220	1 100	330	15,6	220	1 100	330	18,5	220	1 100
220	1 100	1 300	340	56	225	1 300	402	56	225
220	1 100	3 200	1 820	23	115	1 200	792	61	120
26	120	400	21,7	180	950	2 800	1 600	26	120
145	500	5 000	2 920	14,5	85	1 500	1 000	19	115
220	1 100	330	15,6	220	1 100	330	18,5	220	1 100
20	100	3 600	1 835	20	100	3 600	2 165	20	100
145	720	18	0,04	4 000	20 000	500	44,1	145	720
22	200	—	—	—	—	—	—	—	—
19,5	175	—	—	—	—	—	—	—	—
11,5	105	—	—	—	—	—	—	—	—
330	1 650	220	7,95	330	1 650	220	9,15	330	1 650
330	1 650	3 200	2 200	23	115	1 200	930	61	120
14,5	85	100	4,16	730	2 000	500	44,7	145	720
26	120	2 800	1 540	26	120	2 800	1 770	26	120
44	220	1 710	465	44	220	1 710	535	44	220
32	160	2 750	1 500	27	120	2 300	1 000	32	160
58	290	2 750	1 500	27	120	400	30	180	900
220	1 100	1 300	410	56	225	1 300	470	56	225
4 800	24 000	15	0,04	4 800	24 000	15	0,04	4 800	24 000

Тип	№ комплекта обмоток управления	Число обмоток управления	Основные					
			I обмотка				II об	
			Число витков в обмотке	Омическое сопротивление обмотки при 20° C, *ом*	Номинальный ток управления, *ма*	Длительно допустимый ток нагрузки, *ма*	Число витков в обмотке	Омическое сопротивление обмотки при 20° C, *ом*
ЭМУ 70	70-2-А	2	3 600	1 000	22	200	3 600	1 000
	70-2-Б	2	4 000	1 500	20	180	4 000	1 500
	70-4-В	4	3 600	1 950	22	120	2 000	800
ЭМУ 100	100-2-А	2	3 200	1 000	23	210	3 200	1 000
	100-4-Б	4	230	8,16	320	1 600	460	37,2
	100-4-В	4	230	8,16	320	1 600	3 000	2 100
	100-4-Г	4	230	8,16	320	1 600	460	37,2
ЭМУ 110	110-4-А	4	230	4,9	400	2 000	460	22,4
	110-4-Б	4	1 700	317	54	270	1 700	362
	110-4-В	4	230	4,9	400	2 000	230	5,6

Примечания: 1. Допуск на сопротивление +15%.
2. Допуск на номинальный ток управления +10%.

ПРИЛОЖЕНИЕ 2

Таблица П2

Тип	Мощность усилителя, *квт*	Напряжение, *в*		Скорость вращения (синхр.), *об/мин*
		усилителя	асинхронного двигателя	
Однокорпусные со встроенным электродвигателем				
ЭМУ 71-2А	7	230	220/380	3 000
ЭМУ 72-2А	10	230	220/380	3 000
ЭМУ 73-2А	12	230	220/380	3 000
ЭМУ 71-2АТ	6	230	220/380	3 000
ЭМУ 72-2АТ	8,5	230	220/380	3 000
ЭМУ 73-2АТ	10	230	220/380	3 000

Продолжение табл. П1-2

данные обмоток									
мотка		III обмотка				IV обмотка			
Номинальный ток управления, *ма*	Длительно допустимый ток нагрузки, *ма*	Число витков в обмотке	Омическое сопротивление обмотки при 20° С, *ом*	Номинальный ток управления, *ма*	Длительно допустимый ток нагрузки, *ма*	Число витков в обмотке	Омическое сопротивление обмотки при 20° С, *ом*	Номинальный ток управления, *ма*	Длительно допустимый ток нагрузки, *ма*
22	200	—	—	—	—	—	—	—	—
20	180	—	—	—	—	—	—	—	—
40	180	3 600	1 950	22	120	330	24	240	960
23	210	—	—	—	—	—	—	—	—
160	800	230	8,16	320	1 600	460	37,2	160	800
25	120	230	8,16	320	1 600	3 000	2 100	25	120
160	800	460	32,6	160	800	460	37,2	160	800
200	1 000	460	19,6	200	1 000	460	22,4	200	1 000
54	270	1 700	317	54	270	1 700	362	54	270
400	2 000	230	4,9	400	2 000	460	22,4	200	1 000

Продолжение табл. П2

Тип	Мощность усилителя, *квт*	Напряжение, *в*		Скорость вращения (синхр.) *об/мин*
		усилителя	асинхронного двигателя	
Одиночные с двумя свободными концами вала				
ЭМУ 71-2	7	230	—	3 000
ЭМУ 72-2	10	230	—	3 000
ЭМУ 73-2	12	230	—	3 000
ЭМУ 71-4	3,5	115 или 230	—	1 500
ЭМУ 72-4	5	115 или 230	—	1 500
ЭМУ 73-4	6	230	—	1 500
ЭМУ 71-2Т	6	230	—	3 000
ЭМУ 72-2Т	8,5	230	—	3 000
ЭМУ 73-2Т	10	230	—	3 000
ЭМУ 71-4Т	3	115 или 230	—	1 500
ЭМУ 72-4Т	4,3	115 или 230	—	1 500

Протокол № . . . . испытания ЭМУ

I. Паспортные данные:

Наименование	Тип	Заводской номер	Номинальные данные			
			Мощность P, *квт*	Номинальное напряжение U, *в*	Номинальный ток $I_{ном}$, *а*	Скорость вращения, *об/мин*

1. Внешний осмотр и проверка установки щеток иа „нейтраль“													
2. Направление вращении усилителя													
3. Сопротивление обмоток, *ом*, при температуре окружающей среды, °С:	я	к	д	пц*	OI	OII	OIII	OIV	с	ш	с1	с2	с3
холодное													
горячее													
4. Сопротивление изоляции обмоток, *Мом*:													
при ненагретой обмотке													
при нагретой обмотке													

5. Полярность обмоток и маркировка выводов								
6. Потери холостого хода асинхронного двигателя	*P, вт*		*U, в*		I_1, *а*		I_2, *а*	I_3, *а*
7. Потери короткого замыкания асинхронного двигателя								
8. Испытания на повышенную скорость вращения	Скорость вращения *n*, *об/мин*			Длительность испытания, *мин*			Результаты испытаний	
9. Проверка соотношения витков обмоток управления	Обмотка		Ток управления $i_у$, *ма*		Н. с., *ав*		Напряжение якоря $U_я$, *в*	
10. Снятие кривых холостого хода	OI		OII		OIII		OIV	
	$i_у$, *ма*	$U_я$, *в*	$i_у$, *ма*	$U_я$, *в*	$i_у$, *ма*	$U_я$, *в*	$i_у$, *ма*	$U_я$, *в*

11. Снятие внешних характеристик и настройка компенсации	$i_{у.ном}$, *ма*	$i_у$, *ма*	$I_{ном}$, *а*	$U_я$, *в*	$I_{п.ц}$, *а*	*n*, *об/мин*
	$i_у$, *ма*	Ток нагрузки, *а*				
		Напряжение якоря, *в*				
	Величина шунтирующего сопротивления компенсационной обмотки . . . . *ом*					

12. Испытание при номинальной нагрузке	$I_{ном}$, *а*	$I_{п\text{-}ц}$, *а*	$i_у$, *ма*	$U_я$, *в*	*n*, *об/мин*	Длительность испытания, *мин*	Результаты испытания

13. Испытание при перегрузке	$I_н$, *а*	$U_н$, *в*	*n*, *об/мин*	Длительность испытания, *мин*	Результаты испытания

14. Испытание изоляции витков	$U_я$, *в*	$i_у$, *ма*	$I_{ном}$, *а*	*n*, *об/мин*	Длительность испытания, *мин*	Результаты испытания

15. Испытание диэлектрической прочности изоляции	Якорь	Обмотки	Между обмотками	Продолжительность испытания, *мин*
16. Коммутация	. . . балл			
17. Снятие нагрузочной характеристики при сопротивлении цепи якоря . . . *ом*	$i_у$, *ма*			
	$U_я$, *в*			
	$I_н$, *а*			
Заключение:				

• п.ц—обмотка поперечной цепи

Испытания производили: Дата:

ЛИТЕРАТУРА

1. Горяинов Ф. А., Электромашинные усилители, Госэнергоиздат, 1962.

2. Радин В. И., Электромашинные усилители, Библиотека по автоматике, Госэнергоиздат, 1962.

3. Сэй М., Электромашинные усилители, Госэнергоиздат, 1959.

4. Блажкин А. Т., Электромашинная автоматика в горном электроприводе, Углетехиздат, 1953.

5. Белоновский А. С. и Менский Б. М., Автоматизированный привод с электромашинным усилителем, Воениздат М. О. СССР, 1956.

6. Тун А. Я. и Иванов А. О., Наладка электрических аппаратов и машин в схемах электропривода, Госэнергоиздат, 1958.

7. Гемке Р. Г., Неисправности электрических машин, Госэнергоиздат, 1960.

СОДЕРЖАНИЕ

Цена 10 коп.

БИБЛИОТЕКА ЭЛЕКТРОМОНТЕРА

Вышли из печати

Мусаэлян Э. С., Проверки и испытания при монтаже турбогенераторов *(Вып. 66)*

Карпов Ф. Ф. и Козлов В. Н., Простейшие схемы автоматизации *(Вып. 67)*

Волоцкой Н. В., Люминесцентные лампы и схемы их включения в сеть *(Вып. 68)*

Гринберг Г. С. и Дейч Р. С., Применение электромонтажных изделий *(Вып. 69)*

Минскер Э. И. и Соколов Н. Г., Электрические проводки металлорежущих станков *(Вып. 70)*

Андриевский В. Н., Эксплуатация деревянных опор линий электропередачи *(Вып. 71)*

Дормакович П. А., Михалков А. В., Петров А. В., Изготовление и обслуживание газосветных установок *(Вып. 72)*

Пономарев Б. А., Схемы измерений в сетях переменного тока промпредприятий *(Вып. 73)*

Белоцерковец В. В., Применение строительно-монтажного пистолета СМП-1 *(Вып. 74)*

Колузаев А. М., Ремонт и обслуживание быстродействующих выключателей типа ВАБ-2 *(Вып. 75)*

Хромченко Г. Е., Соединение и оконцевание медных и алюминиевых проводов и кабелей *(Вып. 76)*

Ривлин Л. Б., Как определить неисправность асинхронного двигателя *(Вып. 77)*

Стешенко Н. Н., Монтаж плоских проводов *(Вып. 78)*

Зимин Е. Н., Защита асинхронных электродвигателей напряжением до 500 *в* *(Вып. 79)*

Готовятся к печати

Барнев Н. В., Наладка электропривода экскаватора

Батхон И. С., Масляные выключатели 35 *кв* типов ВМ-35 и МКП-35

Масанов Н. Ф., Тросовые электропроводки

Голубев М. Л., Аппаратура для проверки релейной защиты и автоматики

Гумин М. И., Схемы управления масляными выключателями, автоматами и контакторами

Ильин Е. В., Монтаж электрооборудования мостовых кранов

Госэнергоиздат заказов на книги не принимает и книг не высылает. Книги, выходящие массовым тиражом, высылают наложенным платежом без задатка отделениями «Книга — почтой». Отделения «Книга — почтой» имеются во всех республиканских, краевых и областных центрах СССР.

Заказ следует адресовать так: название республиканского, краевого или областного центра, книготорга, отделению «Книга—почтой».